

# 4  
5-22-01



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of: )  
)  
Nobuhiro KODAMA, et al. )  
) Group Art Unit: To Be Assigned  
Application No.: )  
) Examiner: To Be Assigned  
Filed: February 13, 2001 )

For: **INTERFACE MEMBER WIRING DESIGN SUPPORT APPARATUS, WIRING  
DESIGN METHOD, WIRING DESIGN SUPPORT METHOD, AND  
COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM**

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

Assignment Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant(s) submit(s)  
herewith certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-057553  
Filed: March 2, 2000

It is respectfully requested that the applicants be given the benefit of the foreign filing  
date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements  
of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,  
STAAS & HALSEY LLP

By:

David M. Pitcher  
Registration No. 25,908

Date: February 13, 2001  
700 11th Street, N.W., Suite 500  
Washington, D.C. 20001  
(202) 434-1500

(translation of the front page of the priority document of  
Japanese Patent Application No. 2000-057553)

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the  
following application as filed with this Office.

Date of Application: March 2, 2000

Application Number : Patent Application 2000-057553

Applicant(s) : Mazda Motor Corporation

November 17, 2000

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2000-3096165

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2000年 3月 2日

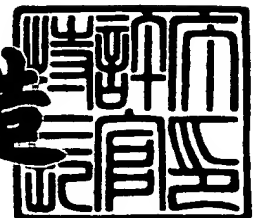
出 願 番 号  
Application Number: 特願2000-057553

出 願 人  
Applicant (s): マツダ株式会社

2000年11月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3096165

【書類名】 特許願

【整理番号】 M990977

【提出日】 平成12年 3月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G05B 19/40

【発明の名称】 線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

【請求項の数】 12

【発明者】

    【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

    【氏名】 児玉 信宏

【発明者】

    【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

    【氏名】 吉行 隆

【発明者】

    【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

    【氏名】 平野 誠一

【発明者】

    【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

    【氏名】 福島 朋浩

【特許出願人】

    【識別番号】 000003137

    【氏名又は名称】 マツダ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100076428

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大塚 康德

    【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9000602

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力された複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を演算すると共に報知する演算手段を備える線条材の配線設計支援装置であって、

前記演算手段は、目的とする線条材の曲げ剛性  $E$  を、入力された線条材径  $\phi$  に基づいて、その線条材の曲率  $\rho$  に関する所定の双 2 次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性  $E$  を用いて、該線条材の配線形状を演算することを特徴とする線条材の配線設計支援装置。

【請求項 2】 前記所定の双 2 次関数は、

曲げ剛性  $E = f(\phi, \rho) = G(a_0(\phi) + a_1(\phi)\rho + a_2(\phi)\rho^2) \times K$ ,

なる式であり、この式において、

$a_0(\phi)$ 、 $a_1(\phi)$ 、並びに  $a_2(\phi)$  は、線条材径  $\phi$  に応じた所定の定数であり、 $G$  は重力加速度、 $K$  は保護部材の種類に応じて定まる係数であることを特徴とする請求項 1 記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項 3】 前記演算手段は、前記曲げ剛性  $E$  を算出するときに、前記曲率  $\rho$  として、前記目的とする線条材の最大曲率を使用することを特徴とする請求項 1 記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項 4】 前記所定の双 2 次関数は、前記曲率  $\rho$  が大きくなるのに応じて、算出される曲げ剛性  $E$  が小さくなることを特徴とする請求項 1 記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項 5】 前記配線設計支援装置は、更に、設計対象として選択可能な複数種類の線条材の変形係数として、それら線条材径  $\phi$  と、それら線条材の捩じり剛性  $C$  及び単位長さ当たりの重量との関係が予め記憶された記憶手段を備え、

前記演算手段は、前記所定の双 2 次関数によって算出した曲げ剛性  $E$ 、前記目的とする線条材の線条材径  $\phi$  に応じて前記記憶手段より与えられる捩じり剛性  $C$

及び単位長さ当たりの重量に基づいて、前記目的とする線条材の配線形状を演算する

ことを特徴とする請求項 1 記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項 6】 前記演算手段は、前記曲げ剛性 E、前記捩じり剛性 C、前記単位長さ当たりの重量を、カナパソー (Konapasek) の関係式に代入することにより、前記目的とする線条材の配線形状を演算する、  
ことを特徴とする請求項 5 記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項 7】 複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を算出する線条材の配線設計方法であって、  
目的とする線条材の曲げ剛性 E を、その線条材径  $\phi$  に基づいて、その線条材の曲率  $\rho$  に関する所定の双 2 次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性 E を用いて、該線条材の配線形状を演算する  
ことを特徴とする線条材の配線設計方法。

【請求項 8】 前記所定の双 2 次関数は、  
曲げ剛性  $E = f(\phi, \rho) = G(a_0(\phi) + a_1(\phi)\rho + a_2(\phi)\rho^2) \times K$ ,  
なる式であり、この式において、

$a_0(\phi)$ 、 $a_1(\phi)$ 、並びに  $a_2(\phi)$  は、線条材径  $\phi$  に応じた所定の定数であり、G は重力加速度、K は保護部材の種類に応じて定まる係数である  
ことを特徴とする請求項 7 記載の線条材の配線設計方法。

【請求項 9】 前記所定の双 2 次関数は、前記曲率  $\rho$  が大きくなるのに応じて、算出される曲げ剛性 E が小さくなるように設定する  
ことを特徴とする請求項 7 記載の線条材の配線設計方法。

【請求項 10】 設計対象として選択可能な複数種類の線条材の変形係数として、それら線条材径  $\phi$  と、それら線条材の捩じり剛性 C 及び単位長さ当たりの重量との関係を予め特定しておき、

前記所定の双 2 次関数によって算出した曲げ剛性 E、前記目的とする線条材の線条材径  $\phi$  に応じて前記特定された関係を参照することによって与えられる捩じり剛性 C 及び単位長さ当たりの重量に基づいて、前記目的とする線条材の配線形

状を演算する

ことを特徴とする請求項 7 記載の線条材の配線設計方法。

【請求項 1 1】 請求項 1 乃至請求項 6 の何れかに記載の線条材の配線設計支援装置としてコンピュータを動作させるプログラムコードが格納されていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 1 2】 請求項 7 乃至請求項 1 0 の何れかに記載の線条材の配線設計方法をコンピュータによって実現可能なプログラムコードが格納されていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法に関し、例えば、自動車等の設計現場における各種ワイヤハーネスの最適な配線設計を支援する支援装置及び配線設計方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

自動車等の車両や家電製品等の各種電子機器には、ある電装品と他の電装品との間、或いは、あるパッケージと他のパッケージとの間を接続するために線条材が使用される。

【0 0 0 3】

代表的な線条材としては、複数の電線や通信線が適宜テープ等の保護部材によって 1 本の束にまとめられると共に、両端部に所定のコネクタが取り付けられた所謂ワイヤハーネスが挙げられ、その用途（接続先）に応じて、束ねられる電線の本数や個々の電線の太さ、分岐点の有無等が異なるので、ワイヤハーネスとしての剛性も様々である。

【0 0 0 4】

従来、このようなワイヤハーネスを多用するメーカーの設計現場においては、電装品やパッケージ等の設計自体は C A D（コンピュータ支援設計）システムが早くから普及しているものの、ワイヤハーネスの配線ルート、長さ、1 本にまとめ



るべき電線や通信線の数量等の設計については、設計者が主に勘と経験に基づいて、試作を繰り返すのが一般的である。

## 【 0 0 0 5 】

しかしながら、近年においては、できるだけ実物の試作を行わないで短期間で製品を開発すべく、設計業務の一連の工程がコンピュータ等を用いた設計支援装置上において行われるようになりつつあり、上述したワイヤハーネスの配線設計においても、設計者の経験には関りなく最適な設計が容易に実現可能な支援装置が望まれる。

## 【 0 0 0 6 】

## 【発明が解決しようとする課題】

このようなニーズを背景として、現在のCADシステムにおいては、オペレータによって2次元平面、或いは3次元空間上に定義された複数の点（座標）に基づいて、B-Spline曲線、Bezier曲線、或いは、NURBS曲面等のパラメトリックな手法により、それらの点を満足する（近似する）曲線や曲面を自動的に算出する機能も開発されている。

## 【 0 0 0 7 】

しかしながら、これらの方法による形状シミュレーションは、複数の固定点の座標データを満足するものの、幾何学的な処理によるシミュレーションであるため、例えばワイヤハーネスの配線を設計する場合に適用しようとする、ワイヤハーネスの自重や硬さ（剛性）、並びにそれらの要因によってコネクタ等の固定位置に生じる力等の力学的な要素が考慮されていないため、生成された形状に従って実際の製品をそのまま製造することは困難（非現実的）な場合も多い。

## 【 0 0 0 8 】

また、上述したパラメトリックな手法の一例として、特開平7-182017号には、産業用ロボットのアームに沿って配設されるワイヤハーネスの形状シミュレーションを行う方法が提案されている。この方法においては、シミュレーション対象のワイヤハーネスのアーム上の複数の固定点位置、それら固定点位置における接線ベクトル、ワイヤハーネスの長さ、変形係数等のパラメータを入力することによって当該ワイヤハーネスの変形形状を自動的に算出し、周囲の他の装

置との干渉をチェックを実現するものである。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、上記の従来例においては、ワイヤハーネスを固定する半固定の支持部材（クリップ）や同一のワイヤハーネスに設けられた分岐、ワイヤハーネスが曲がることによって各固定点に生じる力等が考慮されていない。

【 0 0 1 0 】

また、自動的に算出されたワイヤハーネスの形状において、両端部のコネクタ等に加わる力が明らかではないので、固定に際してどの程度の強度が必要なのか、或いは妥当な強度であるか等を把握することが困難である。

【 0 0 1 1 】

そこで本発明は、簡単な設定事項により現実的な形状を算出及び報知する線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体の提供を目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明に係る線条材の配線設計支援装置は、以下の構成を特徴とする。

【 0 0 1 3 】

即ち、入力された複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を演算すると共に報知する演算手段を備える線条材の配線設計支援装置であって、前記演算手段は、目的とする線条材の曲げ剛性  $E$  を、入力された線条材径  $\phi$  に基づいて、その線条材の曲率  $\rho$  に関する所定の双 2 次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性  $E$  を用いて、該線条材の配線形状を演算することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

また、例えば前記演算手段は、前記曲げ剛性  $E$  を算出するときに、前記曲率  $\rho$  として、前記目的とする線条材の最大曲率を使用すると良い。

【 0 0 1 5 】

また、例えば前記配線設計支援装置は、更に、設計対象として選択可能な複数

種類の線条材の変形係数として、それら線条材径 $\phi$ と、それら線条材の捩じり剛性 $C$ 及び単位長さ当たりの重量との関係が予め記憶された記憶手段を備え、前記演算手段は、前記所定の双2次関数によって算出した曲げ剛性 $E$ 、前記目的とする線条材の線条材径 $\phi$ に応じて前記記憶手段より与えられる捩じり剛性 $C$ 及び単位長さ当たりの重量に基づいて、カナパソー(Konapasek)の関係式を用いて、前記目的とする線条材の配線形状を演算すると良い。

## 【 0 0 1 6 】

上記の目的を達成するため、本発明に係る線条材の配線設計方法は、以下の構成を特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

即ち、複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を算出する線条材の配線設計方法であって、目的とする線条材の曲げ剛性 $E$ を、その線条材径 $\phi$ に基づいて、その線条材の曲率 $\rho$ に関する所定の双2次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性 $E$ を用いて、該線条材の配線形状を演算することを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

上記の線条材の配線設計支援装置及び方法において、何れの場合においても、前記所定の双2次関数は、

$$\text{曲げ剛性 } E = f(\phi, \rho) = G(a_0(\phi) + a_1(\phi)\rho + a_2(\phi)\rho^2) \times K,$$

なる式であり、この式において、

$a_0(\phi)$ 、 $a_1(\phi)$ 、並びに $a_2(\phi)$ は、線条材径 $\phi$ に応じた所定の定数であり、 $G$ は重力加速度、 $K$ は保護部材の種類に応じて定まる係数と置くことにより、算出される曲げ剛性 $E$ の値が、前記曲率 $\rho$ が大きくなるのに応じて、算出される曲げ剛性 $E$ が小さくなるように設定すると良い。

## 【 0 0 1 9 】

そして、算出した曲げ剛性 $E$ を用いて前記目的とする線条材の配線形状を演算するときには、設計対象として選択可能な複数種類の線条材の変形係数として、それら線条材径 $\phi$ と、それら線条材の捩じり剛性 $C$ 及び単位長さ当たりの重量と

の関係を予め特定しておき、前記所定の双2次関数によって算出した曲げ剛性E、前記目的とする線条材の線条材径 $\phi$ に応じて前記特定された関係を参照することによって与えられる捩じり剛性C及び単位長さ当たりの重量に基づいて、前記目的とする線条材の配線形状を演算すると良い。

## 【0020】

更に、上記の線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法を、コンピュータによって実現するプログラムコードが格納されている、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体を特徴とする。

## 【0021】

## 【発明の効果】

上記の本発明によれば、簡単な設定事項により現実的な形状を算出及び報知する線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体の提供が実現する。

## 【0022】

即ち、請求項1または請求項7の発明によれば、曲げ剛性Eが考慮された線条材の形状が算出されるので、より現実的で実現（製作）可能な形状を算出することができる。

## 【0023】

また、請求項3の発明によれば、効率的な演算が行うことができる。

## 【0024】

また、請求項2、請求項4、請求項8、請求項9の発明によれば、実物の線条材が曲がることによって生じる力学的な要素が正確に反映された形状を比較的少ない演算量で算出することができる。

## 【0025】

また、請求項5、請求項6、請求項10の発明によれば、更に、実物の線条材の自重を加味すると共に、捩れることによって生じる力学的な要素が正確に反映された形状を比較的少ない演算量で算出することができる。

## 【0026】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法を、複数の電線が1つに束ねられると共に各端部には所定のコネクタが取り付けられたワイヤーハーネスの配線設計を行う場合に適用した実施形態として、図面を参照して詳細に説明する。

【0027】

図1は、本実施形態にて設計対象とするワイヤーハーネスの全体形状を例示する図である。図2は、図1に示すワイヤーハーネスの断面形状を例示する図である。

【0028】

図1に示すワイヤーハーネスは、各端部に電装品12と接続されるコネクタ11が設けられると共に、3つの分岐箇所（分岐点）を有する。

【0029】

このワイヤーハーネスの線材部分の断面においては、図2に示すように、複数の電線15がテープ16等の保護部材や、不図示の合成樹脂製の結束部材（例えば、カールやインシュロック（バインダ））等によってまとめられている。このため、図1に例示するワイヤーハーネスにおいては、基本的には図1の左側の部分ほどまとめられている電線の本数が多く、各分岐を経て右側に向かうほどまとめられている電線の本数が少ない。また、当該ワイヤーハーネスの中央部分は、外部の干渉物との接触（摩擦）による電線15及びその内部の導線（不図示）の露出を防止すべく、他の部分より強度の高い保護部材14によって保護されている。

【0030】

また、図1に例示するワイヤーハーネスにおいて、各コネクタ11は、電装品12側に設けられたペアのコネクタ（不図示）の固定位置及びその装着方向に応じて所定の固定位置に着脱可能に固定される。図1に示すクリップ13は、周囲の干渉物（例えば製品筐体の内面やステー等の所定位置に取り付けられると共に、その所定位置にて固定または半固定（軸回りに回転可能）にワイヤーハーネスを保持する支持部材である。

【0031】

そして、当該ワイヤハーネス上の各分岐点は、その各部分の剛性、各コネクタ 1 1 の固定位置、並びに各クリップ 1 3 の固定位置及びその支持方法等に応じて、力学的に釣り合いが採れる位置に配置される。

#### 【 0 0 3 2 】

図 3 は、本実施形態にて設計対象とするワイヤハーネスを保持する回転クリップの形状を例示する図である。

#### 【 0 0 3 3 】

クリップ 1 3 の一例として図 3 ( a ) に断面、図 3 ( b ) に上面図を示す回転クリップ 1 3 A は、半円形状の断面を有する 2 つの支持脚が形成されると共に、その上部にはワイヤハーネス 1 7 を保持可能な台座が形成された樹脂製のクリップであり、それら 2 つの支持脚がベース 1 8 に設けられた円形の取り付け穴に挿入されることにより、当該円の中心を通る軸回りに回転可能である。本実施形態では、以下の説明において回転クリップ 1 3 A のように回転可能な支持部材を回転クリップと総称する。

#### 【 0 0 3 4 】

また、所定位置にてワイヤハーネスを回転することなく固定するクリップとしては、図示は省略するが、例えばベース 1 8 にを四角形の取り付け穴を設けると共に、図 3 に示す回転クリップ 1 3 A の 2 本の支持脚の断面を、当該四角形の取り付け穴の大きさに合わせて四角形に形成すれば、固定式のクリップを実現することができる。以下の説明においては、このようなクリップを固定クリップと総称する。

#### 【 0 0 3 5 】

ここで、ワイヤハーネスを支持する支持部材と、その支持部材によって固定した場合の自由度についてまとめておく。

#### 【 0 0 3 6 】

図 4 は、本実施形態に係るワイヤハーネスの形状算出において扱う支持部材の種類及びその自由度の一覧を示す図であり、縦の欄は、ワイヤハーネスの固定方法として、上述したコネクタ、固定クリップ、回転クリップ、そして厳密には固定方法ではないが比較対照として分岐点（自由端）を示している。また、横の欄

には、3次元座標 $x y z$ においてそれらの支持部材によってワイヤハーネスを固定した位置において合力が存在した場合に、その合力に応じて固定位置が移動することができるか否かと、当該固定位置において合モーメント（合成モーメント）が存在した場合に、その合モーメントに応じた方向に固定位置が回転することができるか否かを示す。

## 【0037】

同図から判るように、ワイヤハーネスは、コネクタ及び固定クリップによる固定位置において、何れの方角にも移動及び回転ができない（自由度0）のに対して、回転クリップによる固定位置においては、合モーメントに応じた回転が可能である（自由度2）。これに対して、分岐点においては、何れの方角にも移動及び回転ができる（自由度6）。

## 【0038】

本実施形態では、このような回転または固定クリップを用いて保持しながら、上述した分岐を有するワイヤハーネスを最適に配線することを目的とするが、ここで、本実施形態の概要を説明する。

## 【0039】

本実施形態に係る線条材の配線設計支援装置は、オペレータによって入力されたコネクタ及び固定クリップ等の固定点の座標を満足するワイヤハーネスの形状をシミュレーションするに際して、ワイヤハーネスの直径等に基づいてワイヤハーネスが曲げられたときの曲げ剛性 $E$ を算出し、その曲げ剛性 $E$ 及び捩じり剛性 $C$ に基づいて当該ワイヤハーネス各部に生じる力 $F$ 及びモーメント $M$ を算出し、これらの算出値を用いてワイヤハーネスの形状を算出する。これにより、従来は幾何学的要素のみによって行われたワイヤハーネスのシミュレーション計算とは異なり、幾何学的要素及び力学的要素を加味することにより、より現実に即したシミュレーション計算を実現するものである。

## 【0040】

## ＜弾性体モデルの関係式＞

係る本実施形態において、太さ及び弾性を有するワイヤハーネスが曲がることにより、個々の部分に発生する力 $F$ 、モーメント $E$ 、並びに形状の算出には、力

ナパソー(Konapasek)によって与えられた弾性体モデルのベクトル式を採用する。このベクトル式については、M.Konapasek 及び J.W.S Hearlによる文献(fiber Sci & Technology, 5, 1, 1972)に詳細が記載されているが、ここではその関係式について、図5を参照して概説する。

## 【0041】

図5は、本実施形態において採用する弾性体モデルのベクトル式を説明するための図である。

## 【0042】

カナパソーらは、上記の文献において、太さ及び弾性を有する弾性体の力F、モーメントE、並びに形状の算出すべく、弾性体としての細棒に太さが無いと近似すると共に、更に、幾何学的な形状解析手法を融合することにより、その細棒の大変形を、比較的少量の計算によって算出する手法を提案している。

## 【0043】

この手法においては、細棒の従うべき形状は、微小な区間に着目することにより、以下の式で表わすことができる。尚、以下の説明では、ベクトルの表現を、本実施形態においては太線により表し、図面ではアップバーにて表わす。

## 【0044】

・細棒の中心線上の位置とその位置における接線方向の関係式：

$$\mathbf{w} = \mathbf{r} / d s (\mathbf{r}') \quad \dots (1),$$

上記の(1)式において、 $\mathbf{r}$ は、細棒の中心線上の、所定の基準点Oからの位置である。 $s$ は、細棒の始点から中心線に沿って測った距離(長さ)である。 $\mathbf{W}$ は、当該位置における細棒の向きを表わすところの接線方向を表している。以下の説明では、 $s$ の微小変化分(微分) $d/ds$ を「 $'$ 」にて表わす。

## 【0045】

・曲率 $\rho$ と方向変化量の関係式：

$$\mathbf{u}' = \omega \times \mathbf{u}, \quad \mathbf{v}' = \omega \times \mathbf{v}, \quad \mathbf{w}' = \omega \times \mathbf{w}, \quad \omega = p \mathbf{u} + q \mathbf{v} + r \mathbf{w} \quad \dots (2),$$

上記の(2)式において、 $p$ は $\mathbf{u}$ 方向の曲率、 $q$ は $\mathbf{v}$ 方向の曲率、 $r$ は $\mathbf{w}$ 回りの捩じり率である。 $\mathbf{u}$ 及び $\mathbf{v}$ は、 $\mathbf{w}$ と組み合わされる座標系ベクトルである。



## 【 0 0 4 6 】

・ 曲率  $\rho$  とモーメントの関係式：

$$M_u = A \cdot p, \quad M_v = B \cdot q, \quad M_w = C \cdot r \quad \dots (3),$$

上記の (3) 式において、A 及び B は、曲げ剛性値である。C は、捩じり剛性値である。 $M_u$ ,  $M_v$ ,  $M_w$  は、モーメント M の u, v, w 方向成分である。

## 【 0 0 4 7 】

・ 力 F とモーメント M との釣り合いの関係式：

$$M_{(d+ds)} - M_s + m \, ds + \{w \times F\} \, ds = 0,$$

$$F_{(d+ds)} - F_s + f \, ds = 0 \quad \dots (4),$$

上記の (4) 式において、m は自己モーメントである。F は、細棒の始点からの距離 s に働く力である。f は細棒の自重である。

## 【 0 0 4 8 】

上記の各式において、細棒の両端点の位置及び接線方向を境界条件として与えて数値解析を行えば、その細棒の中心線の形状、力 F、モーメント M を算出することができる。

## 【 0 0 4 9 】

次に、上述したカナパソーの関係式を用いてワイヤハーネスの形状を算出すべく、その関係式に代入する値について説明する。

## 【 0 0 5 0 】

< 曲げ剛性 E の関係式 >

上記の弾性体モデルの各関係式を、図 1 に例示したようなワイヤハーネスの配線設計に適用とした場合、上述したように、対象とするワイヤハーネスの部分によって太さが異なるため、曲げ剛性 E も異なる。そこで、本実施形態では、上記の弾性体モデルの各関係式をワイヤハーネスの形状計算に採用するにあたり、以下に示す曲率  $\rho$  に関する所定の双 2 次関数を採用した。

## 【 0 0 5 1 】

$$\text{曲げ剛性 } E \, (\text{N} \cdot \text{cm}^2) = f(\phi, \rho) = G(a_0(\phi) + a_1(\phi) \rho + a_2(\phi) \rho^2) \times K, \quad \dots (5),$$

上記の (5) 式 of 双 2 次関数において、

$$a_0(\phi) = 5.76\phi + 1.04\phi^2,$$

$$a_1(\phi) = -0.28\phi - 0.0559\phi^2,$$

$$a_2(\phi) = 0.0047\phi + 0.000638\phi^2,$$

であり、各係数は、実験に基づいて経験的に求めた値である。また、 $\phi$ は、ワイヤハーネスの直径(mm)である。 $\rho$ は、曲率( $1/\text{mm}$ ) $\times 10^3$ であり、設定された2ヶ所の固定位置(座標値)を、対象とするワイヤハーネスの両端部分が満足すべく、当該ワイヤハーネスがなす長さ方向の形状に応じて定まる。 $G$ は、重力加速度( $\doteq 9.8$ )( $\text{m}/\text{sec}^2$ )である。 $K$ は、保護部材の種類に応じて定まる係数( $\leq 1.0$ )である。

#### 【0052】

上記の曲げ剛性 $E$ の関係式において、 $a_0(\phi)$ 乃至 $a_2(\phi)$ の各式は、太さ、電線の数量、或いは保護材の有無等が異なる複数種類のワイヤハーネスを対象とする本願出願人による実験に基づいて、経験的に求めた式であり、(5)式 of 双2次関数によって算出される曲げ剛性 $E$ の値は、対象とするワイヤハーネスの曲率 $\rho$ が大きくなるのに応じて小さくなる。

#### 【0053】

また、本実施形態において、(5)式によって算出される曲げ剛性 $E$ は、上記の(3)式に含まれる曲げ剛性値 $A$ 及び $B$ として共通に使用される。ここで、その理由について説明する。上記の(3)式に曲げ剛性値 $A$ 及び $B$ が含まれるのは、当該(3)式には弾性体モデルが有する曲がり易さの方向性(例えば、断面が楕円形状の材質は、長軸方向には硬く、短軸方向には柔らかいという特性等)が考慮されているためであり、本実施形態のように内部に束ねられている電線の本数が同じであれば曲げ剛性や捩じり剛性が基本的には略同じとみなすことができるワイヤハーネスを扱う場合は、曲がり易さの方向性を厳密に考慮する必要はない。

#### 【0054】

##### <捩じり剛性値 $C$ >

尚、上記の(3)式に代入する捩じり剛性値 $C$ は、ワイヤハーネスの太さ(直径)に基づく高次式により算出することができ、本実施形態では、各種のワイヤ

ハーネスについて行った実験値に基づいて、多変量解析等の手法によって算出した係数を含む2次の関係式を採用するが、この方法自体は一般的であるため、詳細な説明は省略する。

## 【 0 0 5 5 】

## ＜ワイヤハーネスの重量＞

ワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量は、ワイヤハーネスの内部に束ねられる電線（線材）の種類及び本数に応じて異なる。また、ワイヤハーネスの用途や接続先の電装品がある程度限定されているのであれば（例えば、自動車のエンジンルーム内に配設するワイヤハーネスの形状を算出する等）、採用するであろう電線の種類や束ねるべき電線の本数を限定することができるので、この電線の種類や本数のバリエーションを、ワイヤハーネスの太さ（直径）に置き換えて考えることができる。そこで、本実施形態では、係るワイヤハーネスのバリエーションについて太さと単位長さ当たりの重量との関係を予め計測しておき、その計測結果を用いて、形状を求めるべきワイヤハーネスの太さがオペレータによって入力されれば、そのワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量が自動的に選択されるように構成する。或いは、前述したように、接続先の電装品が決まれば、使用すべきワイヤハーネスは限定することができるので、形状を求めるべきワイヤハーネスの用途や接続すべき電装品をオペレータが選択することにより、選択されるべきワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量が自動的に選択されるように構成しても良い。

## 【 0 0 5 6 】

## ＜配線設計支援装置＞

ここで、上述した各値及び関係式を用いて、後述する手順に従ってワイヤハーネスの配線形状を算出するところの、本実施形態に係る配線設計支援装置の構成について説明する。

## 【 0 0 5 7 】

図 1 2 は、本実施形態に係る線条材の配線設計支援装置のブロック構成図である。

## 【 0 0 5 8 】

図中、22は、CRT等のディスプレイ、23は入力手段であるキーボードである。24は、ブートプログラム等を記憶しているROMである。25は、各種処理結果を一時記憶するRAMである。26は、後述する如くワイヤハーネスの配線形状を算出するためのプログラム等を記憶するハードディスクドライブ（HDD）等の記憶装置である。27は、外部の装置と通信回線30を介して通信するための通信インタフェースである。そして28は、処理結果等を印刷するプリンタである。これらの各構成は、内部バス29を介して接続されており、CPU（中央演算処理装置）21は記憶装置26に記憶したプログラムに従って配線設計支援装置の全体を制御する。

## 【0059】

当該線条材の配線設計支援装置としては、後述するワイヤハーネスの配線形状の算出処理（大別して、基本形状算出処理と釣り合い形状算出処理とからなる）を実現するソフトウェアを実行可能な汎用のコンピュータを使用することができる。

## 【0060】

## ＜基本形状の算出処理＞

次に、上述した各関係式を用いて、両端が所定位置にて固定（自由端の場合を含む）されるべき1本の太さ（直径）が同じワイヤハーネスの形状を算出する処理について説明する。この処理（以下、基本形状算出処理）は、図12に示す配線設計支援装置において、後述するところの、分岐を有すると共に各部の太さが異なるワイヤハーネスの配線時の形状シミュレーションや、その形状の各部が力学的に釣り合うまで再計算を繰り返す際の基本となる処理である。

## 【0061】

図6は、本実施形態における基本形状算出処理において算出する1本のワイヤハーネスの形状と、その形状を算出するためにオペレータが入力すべきパラメータを説明する図である。

## 【0062】

図7は、本実施形態における基本形状算出処理を示すフローチャートである。

## 【0063】

同図において、ステップ S 1 : 基本形状算出のための所定の各種データが入力されるように、オペレータに促す。具体的には、以下の項目のデータの入力が必要される。

- 1 : 処理対象のワイヤハーネスの太さ (直径)  $\phi$  (mm) ,
- 2 : 処理対象のワイヤハーネスの外部の干渉面に対する固定位置 1 のグローバル座標系における座標値,
- 3 : 固定位置 1 における固定方向を表わす接線方向 1 ,
- 4 : 固定位置 1 の向きを表わす法線方向 1 (入力された接線方向 1 に応じて自動的に算出しても良い) ,
- 5 : 処理対象のワイヤハーネスの外部の干渉面に対する固定位置 2 のグローバル座標系における座標値,
- 6 : 固定位置 2 における固定方向を表わす接線方向 2 ,
- 7 : 固定位置 2 の向きを表わす法線方向 2 (入力された接線方向 2 に応じて自動的に算出しても良い) ,
- 8 : 処理対象のワイヤハーネスを外装する保護部材 (テープ等) の種類,
- 9 : 処理対象のワイヤハーネスの長さ L (mm) (自動算出された長さを採用する場合は入力しなくても良い) ,
- 10 : 処理対象のワイヤハーネスを固定位置 1 及び 2 にて固定することにより、そのワイヤハーネスに生じる捻じれ (モーメント) を考慮して形状算出を行うか否かの指定 (本基本形状算出処理によって生成した複数の基本形状 (複数のワイヤハーネス) を接続することによって後述する釣り合い形状を算出する場合に入力) ,
- 11 : 処理対象のワイヤハーネスを固定位置 1 及び 2 にて固定する際に使用する固定部材 (分岐を表わす自由端を含む) の種類,

尚、固定位置 1 及び 2 の座標値の入力の方法としては、予め別工程にて設計された干渉面 (ワイヤフレームモデルやソリッドモデル等) のデータを本ステップにて読み込んでディスプレイ 22 に表示させると共に、その表示されたモデル上の所望の位置をマウス等のポインティングデバイスによって選択させるように構成しても、或いは、座標値を直接入力させるように構成しても良い。

## 【 0 0 6 4 】

また、記憶装置 2 6 には、上述した保護部材 K の値が保護部材の種類に応じて予め記憶されており、本ステップにて保護部材の種類が選択されることにより、使用すべき係数 K が決定される。

## 【 0 0 6 5 】

更に、記憶装置 2 6 には、1 本のワイヤハーネスとして束ねる電線の数量に応じて定まるワイヤハーネスの太さを予め記憶しておき、本ステップにて処理対象のワイヤハーネスに束ねるべき電線の本数を選択させることにより、そのワイヤハーネスの直径を自動的に決定しても良い。

## 【 0 0 6 6 】

また、記憶装置 2 6 には、図 4 を参照して説明した各固定部材の自由度を表わすテーブルを、拘束条件として予め記憶しておき、本ステップにて固定位置 1 及び 2 に対して何れかの部材がオペレータによって選択されることにより、当該配線設計支援装置は、各固定位置の自由度を認識することができる。

## 【 0 0 6 7 】

ステップ S 2，ステップ S 3：ステップ S 1 にて入力された各項目のデータには、入力項目数の確認や桁数の確認等の一般的な妥当性チェック（ステップ S 2）が行われた後、CPU 2 1 の主記憶に読み込まれる（ステップ S 3）。

## 【 0 0 6 8 】

ステップ S 4：ステップ S 1 にて入力（または決定）された処理対象のワイヤハーネスの太さと、選択された係数 K を、上述した（5）式の関係式に代入することにより、曲げ剛性 E を算出する。このとき、代入する曲率  $\rho$  としては、処理対象のワイヤハーネスの最大曲率を使用することにより、効率的な演算を実現している。

## 【 0 0 6 9 】

更に、ステップ S 4 では、処理対象のワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量を算出する。この重量の算出は、ワイヤハーネスの太さと、単位長さ当たりの重量との関係を記憶装置 2 6 等にルックアップテーブルとして予め格納しておき、そのルックアップテーブルを、ステップ S 1 にて入力された太さに従って参照す

ることによって求めれば良い。そして、捻じれ剛性値 $C$ は、上述したように、ステップ $S1$ にて入力されたワイヤハーネスの直径を、実験により経験的に求めた2次式に代入することによって算出する。

## 【0070】

ステップ $S5$ ：ステップ $S1$ にて入力された処理対象のワイヤハーネスの固定位置1及び2における接線方向及び法線方向、並びに、ステップ $S4$ にて算出した値を、上述したカナパソーの関係式に代入することにより、それらの固定位置1及び2にて当該ワイヤハーネスを固定したときの弾性体モデルとしての形状及びその内部に発生する力 $F$ とモーメント $M$ とを算出する。

## 【0071】

ステップ $S6$ ：ステップ $S1$ にて入力された所定項目のデータと、ステップ $S5$ にて算出した力 $F$ 及びモーメント $M$ を記憶装置26に記憶する。より具体的には、少なくとも、ワイヤハーネスの太さ $\phi$ 、算出された（または入力された）長さ $L$ 、固定位置1及び2の法線方向ベクトル、それら2ヶ所間の捻じれ量を表わす捻り率（ $m/radian$ ）、算出した力 $F$ を保存する（尚、入力データを全て保存しても良い）。

## 【0072】

ステップ $S7$ ：算出した処理対象のワイヤハーネスの形状（基本形状）をディスプレイ22に表示すると共に、固定位置1及び2に加わる力 $F$ を、その力の大きさと向きを表わすベクトルとして表示する。

## 【0073】

図13は、本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力 $F$ の表示例を示す図であり、同図に示すワイヤハーネスは、一例として上側に示す固定位置1がコネクタ、下側に示す固定位置2が固定クリップの場合を示しており、各固定位置からは、図13に示す形状に曲がったワイヤハーネスを当該固定位置1及び2にて発生する力の大きさ及び向きが表示されている。

## 【0074】

上述した基本形状算出処理によれば、算出された基本形状に発生する合力 $F$ が

表示されるので、オペレータは、コネクタ等の固定部材を固定するために必要な力の向きと大きさ、周囲の干渉物との位置関係を視覚的に容易に認識することができ、設計時の支援性を向上することができる。

#### 【 0 0 7 5 】

また、図 1 4 は、本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状と、一般的な C A D システムによって算出したワイヤハーネスの形状とを比較例を示す図であり、一般的な C A D システムによるワイヤハーネスの形状は、曲がり剛性や自重が考慮されていないために、本実施形態に係るワイヤハーネスの形状と比較して不自然に捻じれた形状であることが判る。

#### 【 0 0 7 6 】

##### <釣り合い形状の算出処理>

次に、上述した基本形状算出処理によって形状が算出されたワイヤハーネスを、その端部において固定（自由端の場合を含む）する場合の力学的な釣り合い形状を算出する処理（以下、釣り合い形状算出処理）について説明する。

#### 【 0 0 7 7 】

はじめに、上述した基本形状算出処理において形状を算出したワイヤハーネスを、グローバル座標系の 3 次元空間に配置した場合に、そのワイヤハーネスの端部（固定位置 1 または 2）に生じる力及びモーメントは、 $F_i$ 、 $M_i$  にて表される。

#### 【 0 0 7 8 】

また、ある端部が複数のワイヤハーネスによって構成され、分岐点を構成している場合、その分岐点に発生する合力及び合モーメントは、一般式として、以下の計算によって求められる。

#### 【 0 0 7 9 】

$$\text{力 } F = \sum F_i \quad \cdots (6),$$

$$\text{モーメント } M = \sum M_i \quad \cdots (7),$$

次に、上記のような力学的な関係にあるワイヤハーネスの端部における釣り合いの条件について説明する。

#### 【 0 0 8 0 】



・分岐点（自由端）の場合：上記の（６）式及び（７）式によって算出した合力 $F$ 及び合モーメント $M$ が共にゼロ、

・回転クリップの場合：上記の（７）式によって算出した合モーメント $M$ を、回転クリップの回転軸（即ち、法線方向）に射影したモーメント成分がゼロ、

尚、上記の回転クリップの場合においては、軸回転可能に拘束されるため、合力 $F$ について釣り合いの条件を考慮する必要は無い。同様に、端点がコネクタ及び固定クリップの場合は、自由度０にて拘束されるため、釣り合いの条件を考慮する必要は無い。

#### 【 0 0 8 1 】

ここで、上述した力学的な釣り合いの関係について、複数のワイヤハーネスが接続された分岐点の場合の力学的な関係について具体的に説明する。

#### 【 0 0 8 2 】

図 8 は、本実施形態における釣り合い形状算出処理の対象となる分岐を有するワイヤハーネスの形状を例示する図である。

#### 【 0 0 8 3 】

同図に示すワイヤハーネスは、一例として、釣り合い形状算出処理の対象としてオペレータが選択したところの、分岐点 $P a$ を１つ有するワイヤハーネスであり、例えば当該ワイヤハーネスにおいて、分岐点 $P a$ を境にして左側のワイヤハーネスの内部には５本の電線が束ねられ、分岐点 $P a$ を境にして右側においては、２本の電線が束ねられたワイヤハーネスと、３本の電線が束ねられたワイヤハーネスとに別れている。

#### 【 0 0 8 4 】

オペレータは、このワイヤハーネス全体に釣り合い形状算出処理を施すのに先立って、そのワイヤハーネスを構成する複数の基本形状の算出を行っている。即ち、図 8 に例示するワイヤハーネスは、基本形状算出処理によって基本形状として算出された５本のワイヤハーネス（ワイヤハーネス１乃至５）を接続することにより形成されている。ここで、ワイヤハーネス１乃至５の構成について説明すれば、

・ワイヤハーネス１：固定位置１がコネクタ１１Ａ、固定位置２がクリップ１３

B（固定クリップまたは回転クリップ）のワイヤハーネスである。

- ・ワイヤハーネス 2：固定位置 1 がクリップ 1 3 B（固定クリップまたは回転クリップ）、固定位置 2 が分岐点 P a のワイヤハーネスであり、保護部材 1 4 によって保護されている。

- ・ワイヤハーネス 3：固定位置 1 が分岐点 P a、固定位置 2 がコネクタ 1 1 B のワイヤハーネスである。

- ・ワイヤハーネス 4：固定位置 1 が分岐点 P a、固定位置 2 がクリップ 1 3 C（固定クリップまたは回転クリップ）である。

- ・ワイヤハーネス 5：固定位置 1 がクリップ 1 3 C、固定位置 2 がコネクタ 1 1 C のワイヤハーネスである。

#### 【0085】

図 9 は、図 8 に示すワイヤハーネスに含まれる分岐点 P a を構成するワイヤハーネス 2 乃至 4 に発生する力及びモーメントを説明する図である。同図に示すワイヤハーネス 2 乃至 4 の各端点は、実際には同一位置である分岐点 P a にて接続しているが、説明及び図示の都合上、別々に離して表現している。

#### 【0086】

図 9 に示す分岐点 P a において、ワイヤハーネス 2 の固定位置 2 には、力  $F_3$  とモーメント  $M_3$  が発生しており、ワイヤハーネス 3 の固定位置 1 には、力  $F_1$  とモーメント  $M_1$  が発生しており、ワイヤハーネス 4 の固定位置 1 には、力  $F_2$  とモーメント  $M_2$  が発生している。これらの力及びモーメントは、ワイヤハーネス 2 乃至 4 についての基本形状算出処理によって求められた値である。

#### 【0087】

ここで、図 9 の場合を、上記の（6）式及び（7）式に当てはめて考えると、分岐点 P a における合力  $F$  は、力  $F_1$ 、力  $F_2$ 、並びに力  $F_3$  の各ベクトルを加算することによって得られる。また、分岐点 P a における合モーメント  $M$  は、モーメント  $M_1$ 、モーメント  $M_2$ 、並びにモーメント  $M_3$  の各ベクトルを加算することによって得られる。

#### 【0088】

そして、このような計算によって合力及び合モーメントが算出できる分岐点 P

a が、力学的な釣り合いが成立したある形状をなすためには、グローバル座標系の 3 次元空間に配置された分岐点 P a の位置が、算出した合力 F 及び合モーメント M が共にゼロとなる位置に配置される（移動する）ことによって得られる。

【0089】

また、上記の力学的な釣り合い形状を、回転クリップについて当てはめると、回転軸上で固定された回転クリップの向き（方向）は、算出した合モーメントを、当該回転軸に射影したモーメント成分がゼロとなるまで回転することによって得られる。

【0090】

上記の釣り合いの条件を満足する位置（または向き）を演算するには、コンピュータの演算処理で一般的に行われる最適値（最適解）の算出方法を採用することができる。即ち、本実施形態に適用すれば、例えば、ある基本形状または複数の基本形状の組み合わせによって得られる形状について上記の如く合力及び合モーメントを算出すると共に、その算出結果が当該条件を満足するか否かを判断する。そして満足しない場合は、所定量だけ対象としている端部（自由端）の回転または移動を行い、その回転または移動後の新たな位置における基本形状を算出し直し、その新たな基本形状を用いて改めて上記の如く合力及び合モーメントを算出すると共に、その算出結果が当該条件を満足するか否かを判断する。このような処理を繰り返すと共に、ある時点で算出結果が前回とは逆の判定になった場合には、今までとは逆の方向に端部（自由端）の回転または移動を少量だけ行い、当該条件を満足するまで同様な処理を繰り返す等の処理を行えば良い。

【0091】

次に、上述した説明を実現する釣り合い形状算出処理の手順について説明する。

【0092】

図 10 は、本実施形態における釣り合い形状算出処理を示すフローチャートである。

【0093】

同図において、ステップ S 1 1 : 釣り合い形状算出のための所定の各種データ

が入力されるように、オペレータに促す。具体的には、以下の項目のデータの入力が必要される。

- 1 : 釣り合い形状を算出する基本形状、または複数の基本形状からなるワイヤハーネスの形状の指定、
- 2 : 上記 1 項の形状の固定位置の種類データ（回転クリップ、自由端等の識別データ）,

尚、固定位置の種類データについては、個々の基本形状算出処理において既に設定されている場合には形状データと共に読み込めば良い。

#### 【 0 0 9 4 】

ステップ S 1 2, ステップ S 1 3 : ステップ S 1 1 にて入力された各項目のデータには、入力項目数の確認や桁数の確認等の一般的な妥当性チェック（ステップ S 1 2）が行われた後、CPU 2 1 の主記憶に読み込まれる（ステップ S 1 3）。

#### 【 0 0 9 5 】

ステップ S 1 4 : ステップ S 1 1 にて指定されたワイヤハーネスについてステップ S 1 3 にて読み込まれた（固定位置、分岐点（自由端）における力及びモーメントに基づいて、上記の（6）式及び（7）式により、合力 F 及び合モーメント M を算出する。

#### 【 0 0 9 6 】

ステップ S 1 5 : ステップ S 1 4 にて算出した合力 F 及び合モーメント M が、上述した所定の釣り合い条件を満足しているかを、ステップ S 1 1 にて入力されたワイヤハーネスに含まれる全ての端部（固定点及び自由端）について判断する。

#### 【 0 0 9 7 】

ステップ S 1 6 : ステップ S 1 5 の判断で N O のとき（所定の釣り合い条件を満足していない端部が有るとき）にはステップ S 1 6 に進み、Y E S のとき（所定の釣り合い条件を全ての端部が満足しているとき）にはステップ S 1 8 に進む。

#### 【 0 0 9 8 】

ステップS17：所定の釣り合い条件の制約の基に、各端点（固定点及び自由端）を、その端点について算出した合力F及び合モーメントMの方向に所定量だけ移動及び回転させる。

【0099】

ステップS18：移動後及び回転後の各端点（固定点及び自由端）の位置に基づいて、形状及び端部に発生する力再計算し、ステップS14に戻る。このとき、形状の再計算は、基本形状算出処理（図7）のステップS4以降の処理をコールすることによって行えば良い。

【0100】

ステップS19：各端点が所定の釣り合い条件を満足した形状（釣り合い形状）をディスプレイ22に表示すると共に、各端点に加わる力Fを、その力の大きさと向きを表わすベクトルとして表示する。このとき、コネクタ及び固定クリップに加わる力が予め設定した所定値より大きいときには、その旨を報知すべく、表示するベクトルの色を変更する、或いは文字等を併せて表示する等の処理を行うことにより、オペレータは、過大な力が自由度0の固定位置（端点）に加えられることを容易に認識することができる。

【0101】

図15は、本実施形態に係る釣り合い形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力Fの表示例を示す図である。

【0102】

同図に示すワイヤハーネスは、図示可能なサイズの関係から、分岐点を有する当該ワイヤハーネスの一方の端部だけを示しており、各固定位置には発生する力の大きさ及び向きが表示されている。

【0103】

ステップS20：ステップS11にて指定されたワイヤハーネスに分岐点が含まれる場合は、その分岐点における破断力を表示する。

【0104】

図11は、分岐点における破断力の表示を説明する図であり、分岐点において釣り合い条件が成立した場合には、分岐先の細い方の2本のワイヤハーネスに当

該分岐点においてそれぞれ発生している力 $F_1$ と $F_2$ とのベクトル加算を行い、その結果を矢線や数値で表示する。図 1 1 に示す例の場合は、力 $F_1$ の方が $F_2$ よりかなり大きいため、そのベクトル加算の結果を表わす破断力及びその数値が、分岐先の上側のワイヤハーネスに表示される。これにより、オペレータは、分岐点が力学的に静止してはいるものの、算出された破断力があまりにも大きいときには、その分岐点において破断が生じる可能性が有ることを容易に予測することができる。

#### 【0105】

上述した釣り合い形状算出処理によれば、最適な釣り合い形状が自動的に算出されると共に、各端部に発生する力の大きさが表示されるので、オペレータは、コネクタ等の固定部材を固定するために必要な力の向きと大きさ、周囲の干渉物との位置関係を視覚的に容易に認識することができ、設計時の支援性を向上することができる。

#### 【0106】

また、上述した釣り合い形状算出処理によれば、各部門において並行して設計業務が行われる所謂コンカレントエンジニアリング環境において、前工程の設計部門から最終的な干渉面の形状が入手できない場合（即ち、製品形状の細部が作り込まれていない精度の低い形状モデルしか入手できない場合）においても、取り敢えず入手した干渉面の形状（または座標値）を利用して目的とするワイヤハーネスの釣り合い形状を把握することができ、設計効率が向上する。

#### 【0107】

また、後日、前工程の設計部門にて発生した仕様変更等に応じて、使用すべき線材の変更、保護材の有無、クリップの種類変更等の変更する必要が生じた場合においても、その変更に関する設定事項を再入力し、上述した基本形状及び釣り合い形状を再計算すれば、発生した仕様変更に柔軟且つ迅速に対応することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本実施形態にて設計対象とするワイヤハーネスの全体形状を例示する図であ

る。

【図 2】

図 1 に示すワイヤーハーネスの断面形状を例示する図である。

【図 3】

本実施形態にて設計対象とするワイヤーハーネスを保持する回転クリップの形状を例示する図である。

【図 4】

本実施形態に係るワイヤーハーネスの形状算出において扱う支持部材の種類及びその自由度の一覧を示す図である。

【図 5】

本実施形態において採用する弾性体モデルのベクトル式を説明するための図である。

【図 6】

本実施形態における基本形状算出処理において算出する 1 本のワイヤーハーネスの形状と、その形状を算出するためにオペレータが入力すべきパラメータを説明する図である。

【図 7】

本実施形態における基本形状算出処理を示すフローチャートである。

【図 8】

本実施形態における釣り合い形状算出処理の対象となる分岐を有するワイヤーハーネスの形状を例示する図である。

【図 9】

図 8 に示すワイヤーハーネスに含まれる分岐点 P a を構成するワイヤーハーネス 2 乃至 4 に発生する力及びモーメントを説明する図である。

【図 1 0】

本実施形態における釣り合い形状算出処理を示すフローチャートである。

【図 1 1】

分岐点における破断力の表示を説明する図である。

【図 1 2】

本実施形態に係る線条材の配線設計支援装置のブロック構成図である。

【図 1 3】

本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力 F の表示例を示す図である。

【図 1 4】

本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状と、一般的な CAD システムによって算出したワイヤハーネスの形状とを比較例を示す図である。

【図 1 5】

本実施形態に係る釣り合い形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力 F の表示例を示す図である。

【符号の説明】

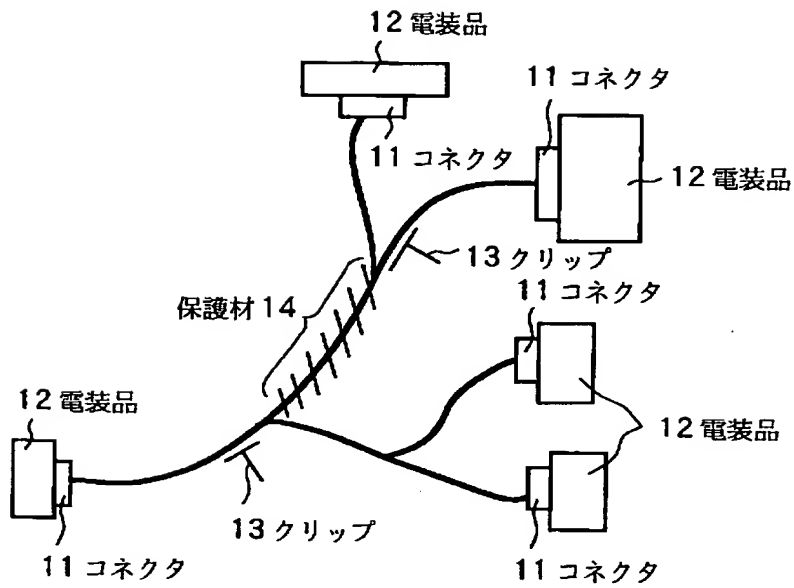
- 1 1, : コネクタ,
- 1 2, 1 2 A ~ 1 2 C : 電装品,
- 1 3, 1 3 B, 1 3 C : クリップ,
- 1 3 A : 回転クリップ,
- 1 4, 1 6 : 保護材,
- 1 5, : 電線,
- 1 7 : ワイヤハーネス,
- 1 8 : ベース,
- 2 1 : CPU,
- 2 2 : ディスプレイ,
- 2 3 : キーボード,
- 2 4 : ROM,
- 2 5 : RAM,
- 2 6 : 記憶装置,
- 2 7 : 通信インタフェース,
- 2 8 : プリンタ,
- 2 9 : 内部バス,



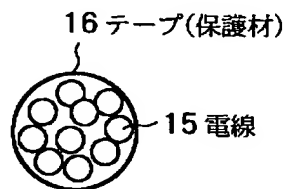
3 0 : 通 信 回 線 ,

【書類名】 図面

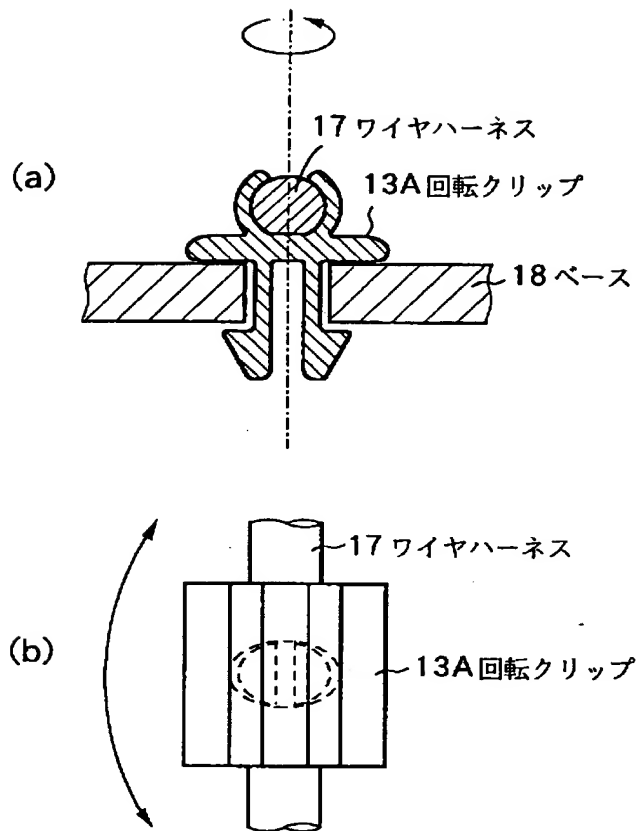
【図 1】



【図 2】



【図 3】

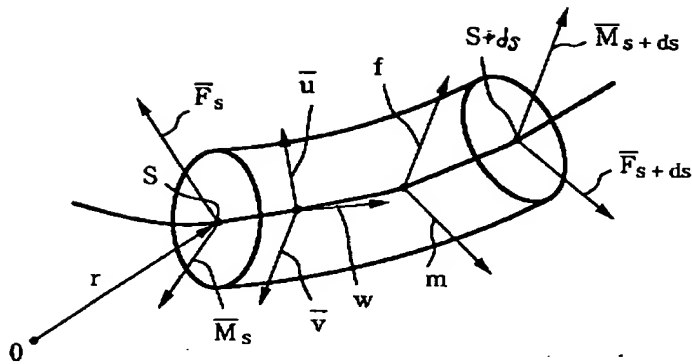


【図 4】

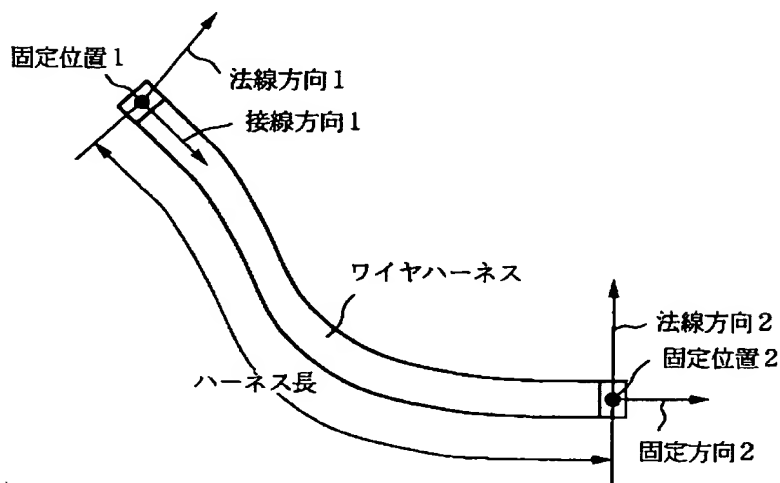
固定方法	合力の存在による移動			合モーメントの存在による回転		
	x 方向	y 方向	z 方向	x 方向	y 方向	z 方向
コネクタ	×	×	×	×	×	×
固定クリップ	×	×	×	×	×	×
回転クリップ	×	×	×	○	○	×
分岐点(自由端)	○	○	○	○	○	○

( × : 不可能  
○ : 可能

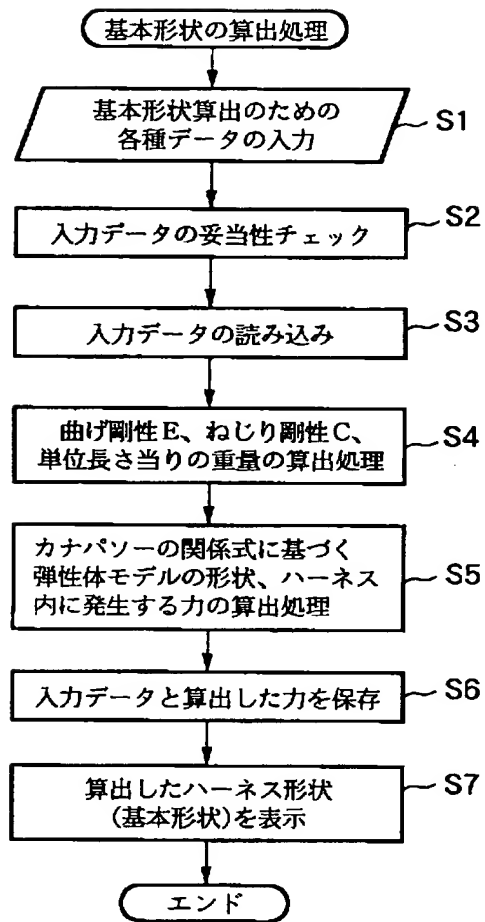
【図 5】



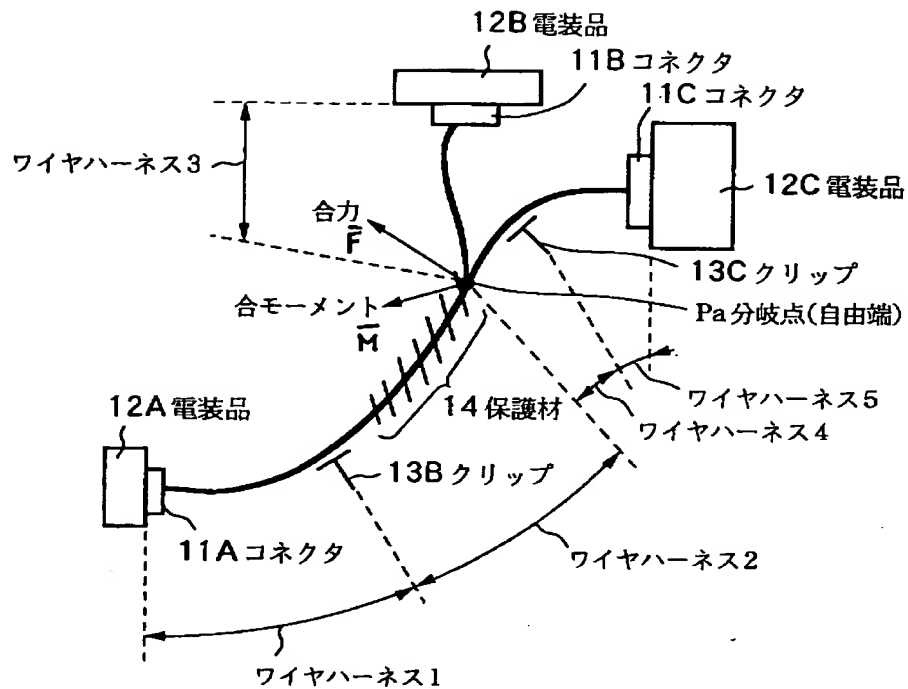
【図 6】



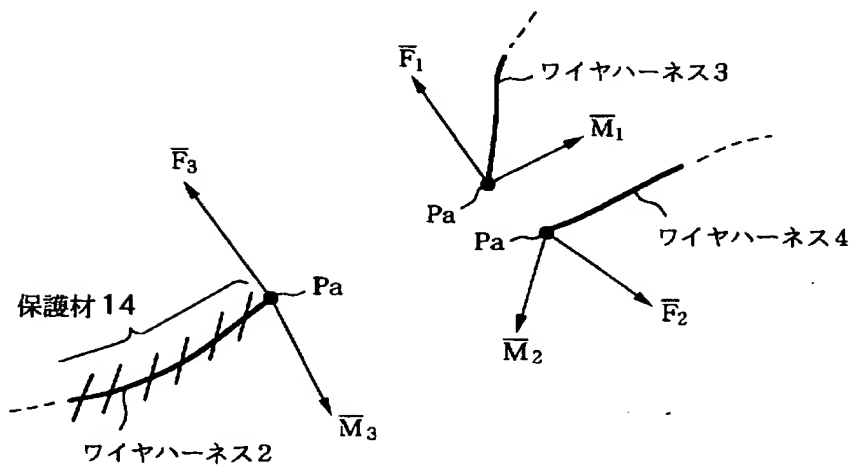
【図 7】



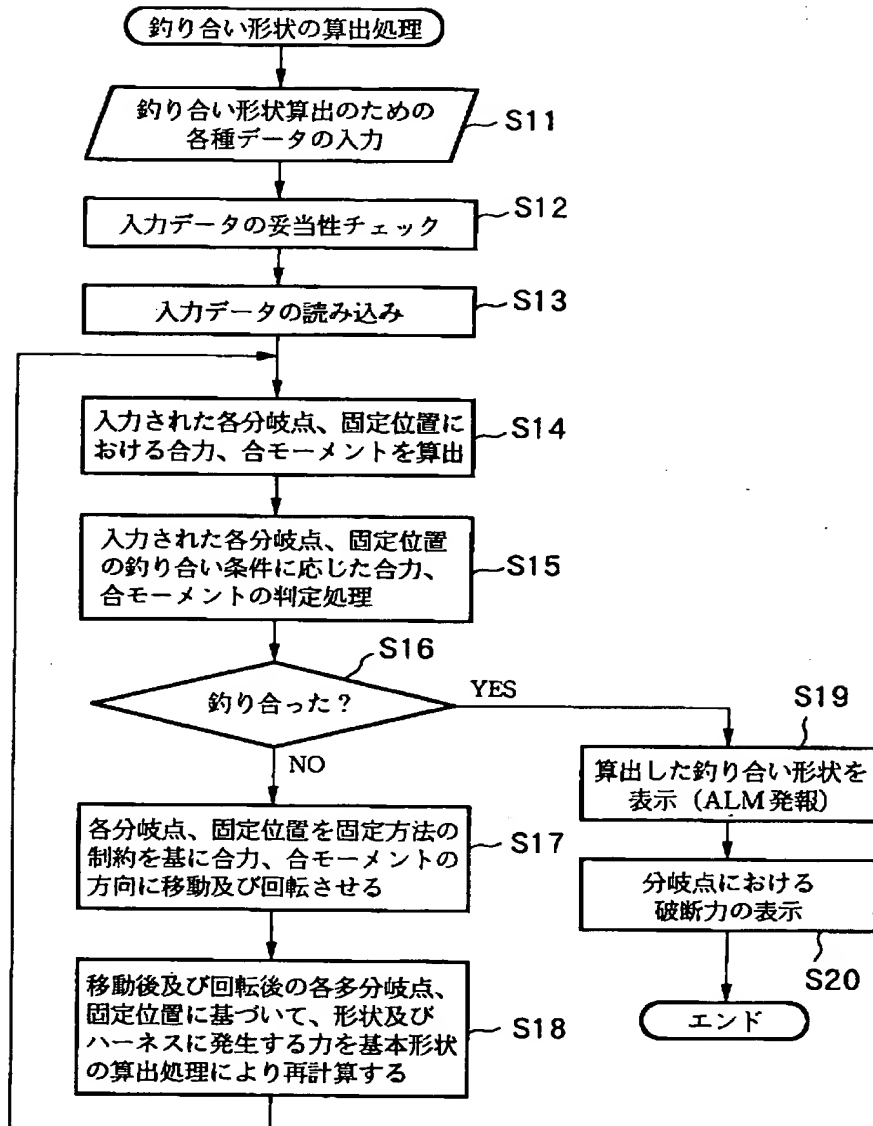
【図 8】



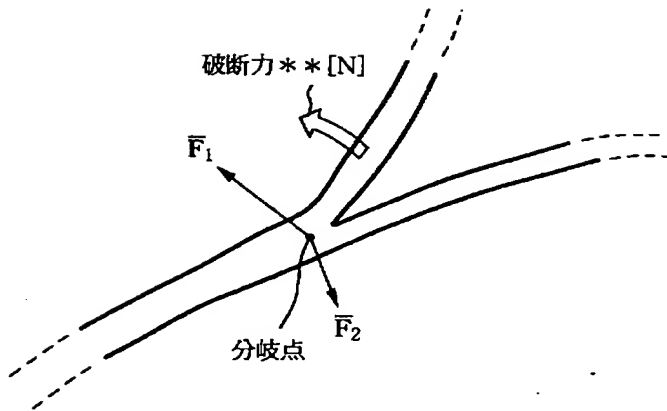
【図 9】



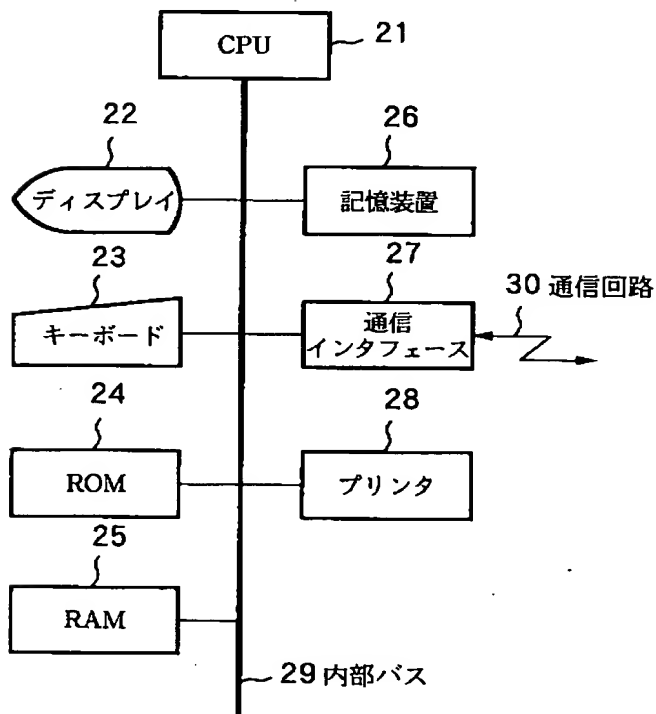
【図 10】



【図 1 1】

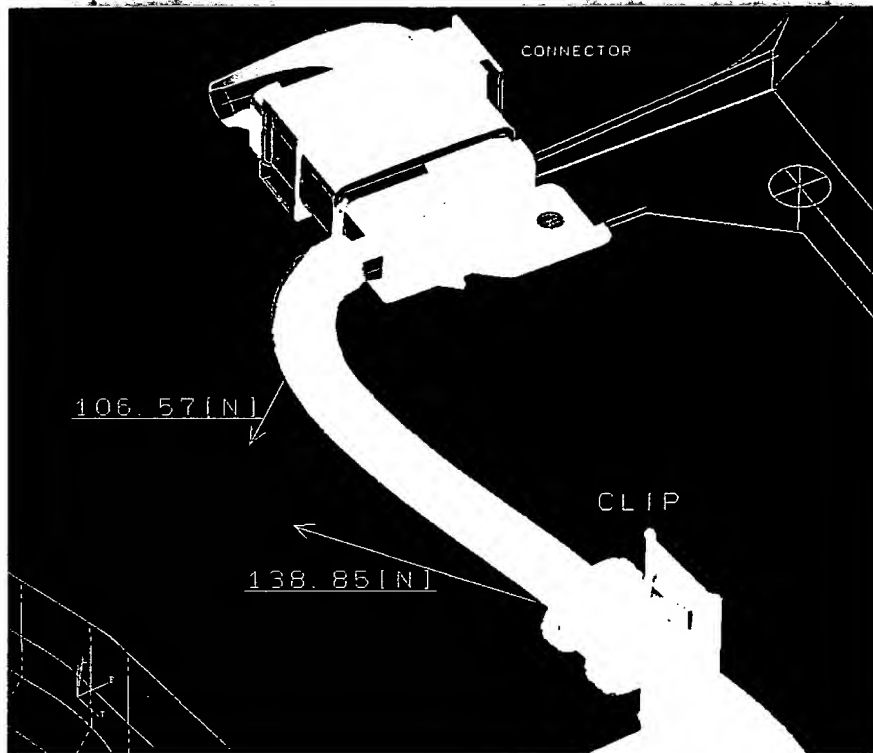


【図 1 2】

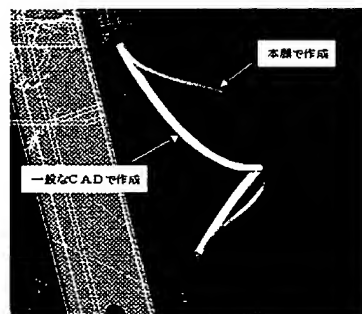




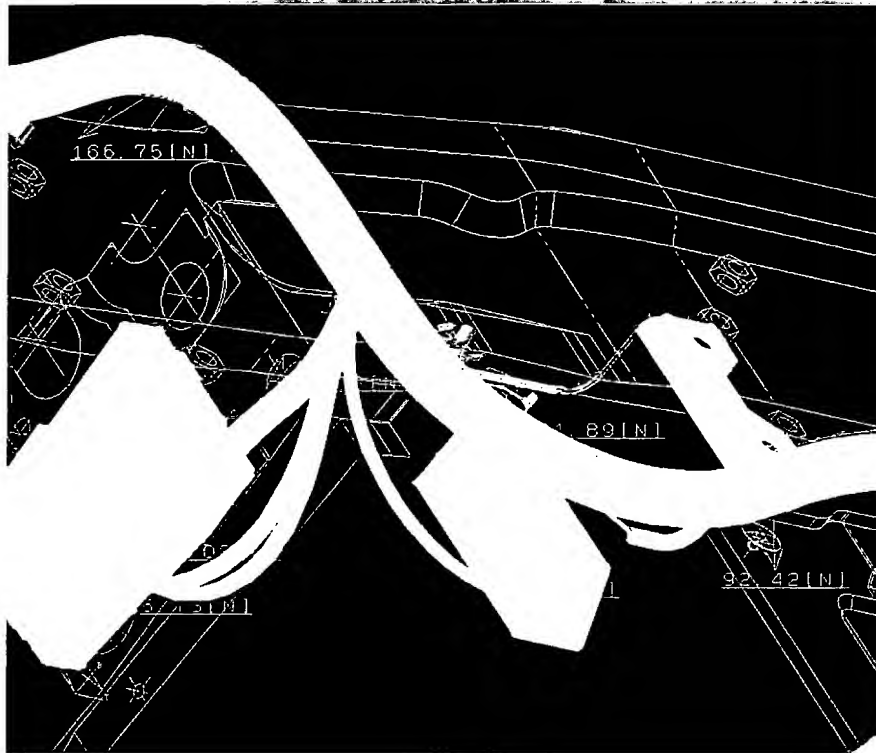
【図13】



【図14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な設定事項により現実的な形状を算出及び報知する。

【解決手段】 目的とするワイヤハーネス（以下、WH）の曲げ剛性Eを、そのWHの直径 $\phi$ に基づいて、そのWHの曲率 $\rho$ に関する所定の双2次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性E、その目的とするWHの直径 $\phi$ に応じて記憶装置より与えられる捩じり剛性C及び単位長さ当たりの重量に基づいて、それら固定位置を満足するWHの配線形状を算出する((S4-S5)。当該双2次関数は、WHの曲率 $\rho$ が大きくなるのに応じて、算出される曲げ剛性Eが小さくなるように設定されている。

【選択図】 図7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003137]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	広島県安芸郡府中町新地3番1号
氏 名	マツダ株式会社